université PARIS-SACLAY
FACULTÉ DES SCIENCES D'ORSAY

cnrs

PROPOSITION DE THESE
Ph.D. offer

Date limite de candidature / application until : 3 mai 2021 / May 3rd , 2021

Responsable de la thèse / *PhD supervisor*:

Nom / *name*: ROBERT — Prénom / *first name* : Jacques
Tél : 01 69 15 78 81 — Courriel / *mail*: jacques.robert@universite-paris-saclay.fr

Nom du Laboratoire / *laboratory name*: Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas (LPGP)

Code d'identification : UMR 8578 — Organisme / *Institution* : CNRS/U Paris Saclay
Site Internet / *website*: www.lpgp.u-psud.fr
Adresse / *address:* bât. 210, université Paris-Saclay, ORSAY

Lieu de la thèse / *PhD place*: idem

Titre de la thèse / *PhD title*

Jet froid d'hydrogène atomique / *Cold beam of atomic hydrogen*

Résumé / summary

Bien que l'atome d'hydrogène, le système à un électron type, ait la structure atomique la plus simple, sa spectroscopie à haute résolution demeure un défi. En effet l'excitation directe de l'hydrogène ou de l'anti hydrogène depuis l'état fondamental nécessite l'emploi de lasers dans le domaine de l'ultraviolet du vide : la première transition 1s-2p, est 'la raie Lyman alpha', à la longueur d'onde de 121,6 nm qui correspond à une énergie transition de 10.2 eV, elle fixe la limite de transparence des corps solides. Les lasers continus (cw) qui existent à cette longueur d'onde sont très loin d'avoir la puissance nécessaire à la manipulation ou au refroidissement de l'hydrogène par laser. Les expériences récentes de spectroscopie à ultra-haute resolution sur l'hydrogène, pour la métrologie des constantes fondamentales, utilisent essentiellement des jets d'hydrogène refroidis par méthode cryogénique, cependant cette méthode est limitée par la dissociation incomplète des molécules d'hydrogène qui rendent difficile un fonctionnement des jets au-dessous d'une température de 10 à 8K.
Cette thèse a pour objet de construire et de tester les caractéristiques d'un jet atomique d'hydrogène à l'état fondamental (densité, distribution de vitesse longitudinale ou transverse), qu'il soit 'chaud', ou refroidi par cryogénie. Pour tester les caractéristiques on mettra au point laser d'analyse, à Lyman Alpha, dont la largeur spectrale et l'accordabilité rendent possible la réalisation de profils Doppler du jet. Il sera obtenu, par triplage de fréquence dans un mélange d'argon krypton, à partir d'une chaine laser (avec des lasers à solides) produisant des impulsions de 20ns à 365 nm. Ce laser permettra aussi d'analyser les collisions ayant lieu à l'intérieur du jet, entre les atomes à l'état fondamental et les atomes excités par le laser de refroidissement.
Cette proposition de thèse a deux objectifs: (i) d'une part la réalisation d'un jet d'hydrogène atomique produit par dissociation de l'hydrogène moléculaire soit par décharge Radio fréquence ou par décharge micro-onde dans un capillaire, qui sera refroidi dans un second temps par cryogénie et (ii) d'autre part la réalisation d'un laser fonctionnant en régime ns, accordable autour de Lyman alpha et de résolution spectrale autour de 100Mhz, pour tester les caractéristiques du jet densité et profil Doppler.

Les personnes impliquées au LPGP, dans l'équipe TMP-DS sont Jacques ROBERT, Olivier LEROY et Tiberiu MINEA.

Although the hydrogen atom, the typical one-electron system, has the simplest atomic structure, its high-resolution spectroscopy remains a challenge. Indeed, the direct excitation of hydrogen or antihydrogen from the ground state requires the use of lasers in the ultraviolet range of the vacuum: the first transition 1s-2p, is the 'Lyman alpha line', at the wavelength of 121.6 nm which corresponds to a transition energy of 10.2 eV, it sets the limit of transparency of solid bodies. The continuous lasers (cw) that exist at this wavelength are very far from having the power necessary to handle or cool hydrogen by laser. Recent experiments in ultra-high-resolution spectroscopy of hydrogen for fundamental constant metrology use mainly cryogenically cooled hydrogen jets, but this method is limited by the incomplete dissociation of the hydrogen molecules which makes it difficult to operate the jets below a temperature of 10 to 8K.
The purpose of this thesis is to construct and test the characteristics of an atomic jet of hydrogen in the ground state (density, longitudinal or transverse velocity distribution), whether it is 'hot', or cryogenically cooled. To test the characteristics, we will develop an analysis with a laser at Lyman Alpha, whose spectral width and tunability make it possible to produce Doppler profiles of the jet. It will be obtained, by frequency tripling in a mixture of argon krypton, from a laser chain (with solid-state lasers) producing pulses of 20ns at 365 nm. This laser will also make it possible to analyse the collisions taking place inside the jet, between the atoms in the ground state and the atoms excited by the cooling laser.
This thesis proposal has two objectives: (i) on the one hand the realization of a jet of atomic hydrogen produced by dissociation of molecular hydrogen either by radio frequency discharge or by microwave discharge in a capillary, which will be cooled in a second step by cryogenics and (ii) on the other hand the realization of a laser operating in ns regime, tunable around Lyman alpha and of spectral resolution around 100Mhz, to test the characteristics of the jet density and Doppler profile.

The people involved at LPGP, in the TMP-DS team are Jacques ROBERT, Olivier LEROY and Tiberiu MINEA.

Début de la thèse / *starting* of the *Ph.D. contract***: *01/10/2021 / October 1st, 2021***
Financement de thèse / *financial support for the PhD*: concours EDOM / 'Doctoral School Matter and Waves', after application and oral defense of the application